
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2011/2012

Januari 2012

EEE 443 – PEMROSESAN ISYARAT DIGIT

Masa : 3 jam

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEPULUH** muka surat bercetak dan **Lampiran EMPAT** muka surat sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi **ENAM** soalan

Jawab **LIMA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi soalan diberikan disudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan di dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].

In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

...2/-

1. (a) Apakah perbezaan di antara isyarat masa selanjar dan isyarat masa diskret? Terangkan jawapan anda dengan menggunakan sifat-sifat setiap isyarat.

What is the difference between continuous-time signal and discrete-time signal? Explain your answer using the properties of each signal.

(30 markah/marks)

- (b) Isyarat digital dan isyarat diskret masa adalah berbeza dari segi definisi mereka. Terangkan perbezaan ini dengan menggunakan terminologi berikut; 'Pensampelan', 'Aliasing', 'Pengkuantuman' dan 'Kadar Nyquist'.

Digital signal and discrete-time signal are different by their definitions. Describe the difference by using the following terminologies; 'Sampling', 'Aliasing', 'Quantization' and 'Nyquist Rate'.

(40 markah/marks)

- (c) Satu sinusoid masa selanjar $x_a(t)$ dengan masa asasi $T_p = 1/F_0$ disampel pada kadar $F_s = 1/T$ untuk menghasilkan sinusoid masa diskret $x(n) = x_a(nT)$

A continuous-time sinusoid $x_a(t)$ with fundamental period $T_p = 1/F_0$ is sampled at a rate $F_s = 1/T$ to produce a discrete-time sinusoid $x(n) = x_a(nT)$.

- (i) Tunjukkan $x(n)$ adalah berkala sekiranya $T/T_p = k/N$ (iaitu, T/T_p adalah nombor rasional).

Show that $x(n)$ is periodic if $T/T_p = k/N$ (i.e., T/T_p is a rational number).

- (ii) Sekiranya $x(n)$ adalah berkala, apakah masa asasi T_p dalam saat?
If $x(n)$ is periodic, what is its fundamental period T_p in seconds?

(30 markah/marks)

2. (a) Cari empat titik Jelmaan Fourier Diskret (DFT) bagi masukan jujukan berikut.
Determine the four-point Discrete Fourier Transform (DFT) to the input sequence.

$$x(n) = \{2, 1, 1, 2\}.$$

↑

(20 markah/marks)

- (b) Sekiranya diberi lima titik pertama dari lapan titik DFT oleh suatu jujukan seperti berikut,

If the first five point of an eight point DFT of a sequence are

$$\left\{ 6, \frac{2+\sqrt{2}}{2} - j\left(\frac{4+3\sqrt{2}}{2}\right), -1-j, \frac{2-\sqrt{2}}{2} + j\left(\frac{4-3\sqrt{2}}{2}\right), 0 \right\}.$$

Nyatakan tiga titik DFT yang selebihnya.

Determine the remaining three points.

(20 markah/marks)

- (c) Dengan menggunakan algoritma radik-2 DIT FFT, cari empat titik DFT daripada jujukan yang diberi di bawah.

Using radix-2 Decimation-In-Time (DIT) Fast Fourier Transform (FFT) algorithm, find the 4-point DFT of the following sequence.

$$x(n) = \{0, 2, 1, 3\}$$

↑

(50 markah/marks)

- (d) Lakarkan graf aliran isyarat dengan kemas dan nyatakan nilai-nilai perbezaan bolehubah bagi setiap peringkat.

Sketch the signal flow graph neatly and indicate the values of different variables at each stage.

(10 markah/marks)

3. (a) Pertimbangkan satu penuras lurus masa tak ubah kausal dengan fungsi sistem
Consider the causal linear time invariant filter with system function

$$H(z) = \frac{1 + 0.875z^{-1}}{(1 - 0.7z^{-1})(1 + 0.2z^{-1} + 0.9z^{-2})}$$

Lukiskan satu gambarajah blok untuk sistem ini menggunakan Bentuk terus I dan Bentuk terus II.

Draw a block diagram for this system using Direct form I and Direct form II.

(40 markah/marks)

- (b) Cari jelmaan-z bagi isyarat kausal $x(n)$ berikut dengan menggunakan teknik pecahan separa. Berikan jawapan ada di dalam bentuk nilai sebenar bentuk turutan.

Determine the causal signal $x(n)$ having the following z-transform using partial fraction. Provide your answer in real values in sequence form.

$$X(z) = \frac{1}{(1 - 2z^{-1})(1 - z^{-1})^2}$$

(40 markah/marks)

(c) Pertimbangkan sistem

Consider the system

$$H(z) = \frac{z^{-1} + \frac{1}{2}z^{-2}}{1 - \frac{3}{5}z^{-1} + \frac{2}{25}z^{-2}}$$

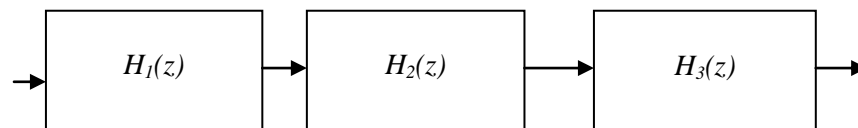
Tentukan sambutan dedenyut

Determine the impulse response

(20 markah/marks)

4. Pertimbangkan satu penggabungan tiga kausal tertib pertama LTI sistem isyarat diskret yang ditunjukkan dalam Rajah 5.1 di bawah di mana,

Consider the cascade of three causal first-order LTI discrete-time systems shown in Figure 5.1 below where,



Rajah 5.1
Figure 5.1

$$H_1(z) = \frac{1 - 0.6z^{-1}}{1 + 0.25z^{-1}}$$

$$H_2(z) = \frac{0.2 + z^{-1}}{1 + 0.3z^{-1}}$$

$$H_3(z) = \frac{2}{1 + 0.25z^{-1}}$$

- (a) Tentukan fungsi-pindah untuk sistem keseluruhan dalam bentuk nisbah dua polynomial dalam z^{-1} .

Determine the transfer function of the overall system as a ratio of two polynomials in z^{-1} .

(10 markah/marks)

- (b) Tentukan persamaan perbezaan yang mencirikan sistem keseluruhan.

Determine the difference equation characterizing the overall system.

(10 markah/marks)

- (c) Bangunkan kerealisasian untuk sistem keseluruhan dengan setiap bahagian dalam bentuk langsung II.

Develop the realization of the overall system with each section realized in direct form II.

(30 markah/marks)

- (d) Bangunkan kerealisasian untuk sistem keseluruhan dalam bentuk selari I.
Develop a parallel form I realization of the overall system.
(30 markah/marks)

- (e) Tentukan tindakbalas impuls untuk keseluruhan sistem dalam bentuk sistem tertutup.
Determine the impulse response of the overall system in closed form.
(20 markah/marks)

5. (a). Fungsi-pindah untuk penuras laluan rendah adalah diberikan seperti
The analog transfer function of a simple low-pass filter is given as

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + \sqrt{2}s + 1}$$

Tentukan dengan menggunakan kaedah jelmaan-z Bilinear (BZT) fungsi-pindah $H(z)$ penuras digit tersebut. Anggapkan 3 dB cut-off pass-band frekuensi adalah 150 Hz dan frekuensi sampling adalah 1.25 kHz.

Determine using Bilinear Z-Transform (BZT) the transfer function $H(z)$ of an equivalent digital filter. Assume a 3 dB cut-off pass-band frequency of 150 Hz and a sampling frequency of 1.25 kHz.

(50 markah/marks)

- (b). Fungsi-pindah untuk penuras laluan rendah adalah diberikan seperti;
The analog transfer function of a simple low-pass filter is given as;

$$H(s) = \frac{1}{1 + s}$$

Bantuan: Anggapkan $\Omega_p=1$ dan $H(s)$ adalah dinormalkan.

Hint: Assume $\Omega_p=1$ and $H(s)$ is normalized.

Tentukan dengan menggunakan kaedah jelmaan-z Bilinear (BZT) fungsi-pindah $H(z)$ kepada penuras laluan tinggi yang setara. Anggapkan frekuensi sampling adalah 150 Hz dan cut-off frekuensi adalah 30 Hz.

Determine using Bilinear Z-Transform (BZT) the transfer function $H(z)$ of an equivalent digital high-pass filter. Assume a sampling frequency of 150 Hz and a cut-off frequency of 30 Hz.

(50 markah/marks)

6. (a) Masa diskret IIR penuras lulus jalur dengan ciri-ciri Butterworth yang memenuhi spesifikasi yang dikehendaki seperti di bawah.

A discrete time IIR band-pass filter with Butterworth characteristics meeting the specifications given below is required.

Frekuensi sample: 2 kHz
Sampling frequency: 2 kHz

Jalur lulus: 450 – 650 Hz
Pass-band: 450 – 650 Hz

Hujung jalur-henti adalah diberi sebagai 300 Hz dan 750 Hz

The stopband edges are given as at 300 Hz and 750 Hz

Jalur lulus riak sebanyak 1 dB, dan jalur-henti minima pelemahan adalah 40 dB.

Pass-band ripples of 1 dB, and minimum stopband attenuation of 40 dB.

Lakarkan fungsi-pindah laluan tersebut dimana frekuensinya adalah dinormalkan. .

Draw the filter transfer function of the filter with the normalized frequency axis.

(30 markah/marks)

- (b) FIR pemfasa linear penuras lulus jalur mestilah memenuhi spesifikasi berikut:

A linear phase FIR band-pass filter is required to satisfy the following specifications.

Jalur lulus: 8 – 12 kHz

Pass-band: 8 - 12 kHz

Riak jalur penahan: 0.001

Stop-band ripple: 0.001

Puncak riak jalur lulus: 0.001

Peak pass-band ripple: 0.001

Frekuensi sample: 44.14 kHz

Sampling frequency: 44.14 kHz

Lebar peralihan: 3 kHz

Transition width: 3 kHz

Jika penuras yang direka menggunakan riak sama rata atau kaedah optimal nyatakan

If the filter is to be designed using the equiripple or optimal method determine:

- (i) Frekuensi-frekuensi normalan lulus tepi.
The normalized band-edge frequencies. (30 markah/marks)
- (ii) Pemberat yang digunakan dalam ketiga-tiga jalur.
The weights to be used in the three bands. (40 markah/marks)

Senarai Formula:**List of Formulae:**

- Transformasi jalur rendah ke jalur lulus: $s \longrightarrow \frac{s^2 + \Omega_l \Omega_u}{s(\Omega_u - \Omega_l)}$
Low-pass to band-pass transformation
- Ω_l dan Ω_u masing-masing adalah frekuensi terendah dan teratas bagi frekuensi-frekuensi jalur tepi dalam penuras jalur lulus.
 Ω_l and Ω_u are the lower and upper band-edge frequencies of the band-pass filter, respectively.
- Jelmaan-z Bilinear: $H(z) = H(s) \Big|_{s=\frac{2}{T}(\frac{z-1}{z+1})}$
Bilinear z-Transform:
- Frekuensi analog pra-sampel $\Omega = \frac{2}{T} \tan(\frac{\omega}{2})$; T ialah jangkamasa sample dan ω adalah frekuensi digit dalam domain digit.
The pre-warped analog frequency $\Omega = \frac{2}{T} \tan(\frac{\omega}{2})$; T is the sampling period and ω is the frequency of the digital domain.
- Sambutan dedenyut ideal, $h_D(n)$ untuk penuras lulus rendah adalah seperti berikut:
Ideal impulse response, $h_D(n)$ for a lowpass filter is given by:

$$h_D(n) = 2f_c \frac{\sin(n\omega_c)}{n\omega_c} \text{ for } n \neq 0, \text{ and}$$

$$h_D(n) = 2f_c \text{ for } n = 0.$$

- f_c adalah frekuensi potong (tepi) bagi penuras tersebut dan $\omega = 2\pi f$.
 f_c is the cutoff (edge) frequency of the filter and $\omega = 2\pi f$.
- Tetingkap Hamming memenuhi berikut:
A Hamming window complies with the following conditions:
(masukkan yang lama punya information)
- Jadual untuk Jelmaan-z adalah seperti berikut:
The table for z-Transform is given below:

Table A.1 Table for z-Transform

Sequence	Transform	ROC
$\delta(n)$	1	All z
$u(n)$	$\frac{1}{1 - z^{-1}}$	$ z > 1$
$-u(-n - 1)$	$\frac{1}{1 - z^{-1}}$	$ z < 1$
$\delta(n - m)$	z^{-m}	All z except 0, (if $m > 0$) or ∞ (if $m < 0$)
$a^n u(n)$	$\frac{1}{1 - az^{-1}}$	$ z > a $
$-a^n u(-n - 1)$	$\frac{1}{1 - az^{-1}}$	$ z < a $
$na^n u(n)$	$\frac{az^{-1}}{(1 - az^{-1})^2}$	$ z > a $
$-na^n u(-n - 1)$	$\frac{az^{-1}}{(1 - az^{-1})^2}$	$ z < a $
$r \gamma ^n \cos(\beta n + \theta) u(n)$	$\frac{z(Az + B)}{z^2 + 2az + \gamma ^2}$	Where, $r = \sqrt{\frac{A^2 \gamma ^2 + B^2 - 2AaB}{ \gamma ^2 - a^2}}$ $\beta = \cos^{-1} \frac{-a}{ \gamma }$ $\theta = \tan^{-1} \frac{Aa - B}{A\sqrt{ \gamma ^2 - a^2}}$
$r \gamma ^n \cos(\beta n + \theta) u(n)$	$\frac{rz[z \cos \theta - \gamma \cos(\beta - \theta)]}{z^2 - (2 \gamma \cos \beta)z + \gamma ^2}$	-

- Information on FIR filter design
Maklumat untuk merekacipta penapis FIR

Table A.2 Some Common Windows for Designing Digital FIR Filter using Window Method

Rectangular	$w(n) = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Hanning	$w(n) = \begin{cases} 0.5 - 0.5 \cos(\frac{2\pi n}{N}) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Hamming	$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos(\frac{2\pi n}{N}) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Black	$w(n) = \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos(\frac{2\pi n}{N}) + 0.08 \cos(\frac{4\pi n}{N}) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Kaizer	$w(n) = \frac{I_0[\beta(1 - [(n - \alpha)/\alpha]^2)^{1/2}]}{I_0(\beta)} \quad 0 \leq n \leq N$

where, $\alpha = \frac{N}{2}$, $I_0(\cdot)$ is a zeroth-order modified Bessel function, and β is the parameter that determines the shape of the window. Both $I_0(\cdot)$ and β are defined below.

$$I_0(x) = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{(x/2)^k}{k!} \right]^2$$

$$\beta = \begin{cases} 0.1102(\alpha_s - 8.7) & \alpha_s > 50 \\ 0.5842(\alpha_s - 21)^{0.4} + 0.07886(\alpha_s - 21) & 21 \leq \alpha_s \leq 50 \\ 0.0 & \alpha_s < 21 \end{cases}$$

Size of the window N is:

$$N = \frac{\alpha_s - 7.95}{14.36\Delta f} \quad \alpha_s \geq 21$$

Table A.3 The Peak Side-Lobe Amplitude of Some Common Windows and the Approximate Transition Width and Stopband Attenuation of a N th-Order Low-Pass Filter Designed using the Given Windows

Window	Side-Lobe Amplitude (dB)	Transition Width (Δf)	Stopband Attenuation
Rectangular	-13	$0.9/N$	-21
Hanning	-31	$3.1/N$	-44
Hamming	-41	$3.3/N$	-53
Blackman	-57	$5.5/N$	-74